

Jerzy Adam CZERWONKA

Zastosowanie średnich odległości taksonomicznych (ATD) do interpretacji wyników analiz minerałów ciężkich w utworach czwartorzędowych

Autor proponuje zastosowanie odległości taksonomicznych, będących fragmentem teorii klasyfikacji, do porównywania ze sobą wyników analiz minerałów ciężkich. Dochodzi przy tym do wniosku, iż metoda ta pozwala na genetyczne i stratygraficzne rozpatrywanie różnic i podobieństw zespołów mineralnych, co ma duże znaczenie w badaniach osadów czwartorzędowych pozbawionych materiału biostratygraficznego.

WSTĘP

Analiza minerałów ciężkich jest jedną z najczęściej spotykanych analiz przy badaniach utworów czwartorzędowych, a także osadów starszych. Nie doczekała się ona jednak w literaturze dobrej metody interpretacji i porównywania wyników. Wyniki zestawiane są w postaci tablic zespołów minerałów ciężkich z podaniem średniej zawartości składników lub z podaniem odchylenia standardowego albo współczynnika zmienności. Celem porównania ze sobą poszczególnych wyników z próbek lub zbiorów próbek stosuje się różnego rodzaju wskaźniki zwiętrzenia, przy czym — będąca podstawą obliczeń — odporność na wietrzenie jest różnie interpretowana przez różnych autorów. Spotykane są również wskaźniki mineralne obrazujące wzajemne stosunki między poszczególnymi minerałami. Obliczone wartości zestawia się w postaci trójkątów, histogramów, słupków, cyklogramów itp.

Autor artykułu proponuje zastosowanie w geologii teorii klasyfikacji, a właściwie jej fragmentu zwanego taksonomią. Taksonomia jest stosowana dość powszechnie w rolnictwie, medycynie lub ekonomii przy porównywaniu różnego rodzaju zespołu cech (J. Perkal, 1953; E. Mraczewski, H. Steinhaus, 1959). W geologii znalazła zastosowanie przy interpre-

tacji zespołów faunistycznych, ich zmian i modyfikacji. Zespół minerałów ciężkich jest również zbiorem cech charakteryzujących badany osad. W przypadku osadów czwartorzędowych na obszarze całego Niżu Polskiego ogranicza się on praktycznie do pięciu minerałów, a mianowicie granatu, amfibolu, turmalinu, epidotu i cyrkonu, stanowiących zwykle 70 — 80% całej asocjacji mineralnej. W związku z tym na podstawie samych proporcji udziału poszczególnych minerałów można dość łatwo odróżnić osady czwartorzędowe (przede wszystkim glacialne) od starszych osadów, np. trzeciorzędowych, natomiast porównywanie wyników analiz w obrębie samego czwartorzędu, ustalenie na ich podstawie podziału litologiczno-stratygraficznego jest bardzo utrudnione, a praktycznie często niemożliwe. Analiza taksonomiczna pozwala natomiast porównać ze sobą zawartości wszystkich minerałów, i to w układzie: każda próbka ze wszystkimi pozostałymi próbkami, a następnie łączyć je w grupy o cechach wspólnych oraz porównywać między sobą.

ZAŁOŻENIA TEORETYCZNE

Taksonomia jest, jak już wspomniano, fragmentem teorii klasyfikacji i opiera się na ustaleniu podobieństw między poszczególnymi elementami zbioru cech łącznie z ich miarą. Należy zaznaczyć, że nie ma ona nic wspólnego ze statystyką, co pozwala na odrzucenie warunku normalności rozkładu czy liczebności populacji. Nie pozwala natomiast przenosić wniosków na całą populację generalną, pozostawiając uogólnienie wniosków jako wyłączną sprawę opracowującego. Głównym zadaniem jest rozdzielenie próbek różniących się zespołem badanych cech i połączenie ze sobą próbek lub grup próbek o cechach zbliżonych.

Miarą podobieństwa jest średnia odległość taksonomiczna ATD (*Average Taxonomy Distance*). W układzie kwadratowym współrzędnych (fig. 1) odległość d między dwoma dowolnymi punktami przedstawia się następująco:

$$d^2 = a^2 + b^2 \quad [1]$$

gdzie: $a = y_1 - y_2$; $b = x_1 - x_2$

Po uporządkowaniu odległość dla dwu cech $d_{1,2}$ będzie równa:

$$d^2 = (y_1 - y_2)^2 + (x_1 - x_2)^2 \quad [2]$$

$$d_{1,2} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad [3]$$

Analogicznie dla dowolnej liczby cech odległość $d_{j,k}$ wyniesie:

$$d_{j,k}^2 = (x_j - x_k)^2 + (y_j - y_k)^2 + (z_j - z_k)^2 + \dots + (v_j - v_k)^2 \quad [4]$$

$$d_{j,k}^2 = (x_{1j} - x_{1k})^2 + (x_{2j} - x_{2k})^2 + (x_{3j} - x_{3k})^2 + \dots + (x_{nj} - x_{nk})^2 \quad [5]$$

co po uporządkowaniu da ostateczną postać:

$$d_{j,k}^2 = \sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_{ik})^2 \quad [6]$$

Na tej podstawie wzór na średnią odległość taksonomiczną przedstawia się następująco:

$$ATD = d_{j,k} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_{ik})^2} \quad [7]$$

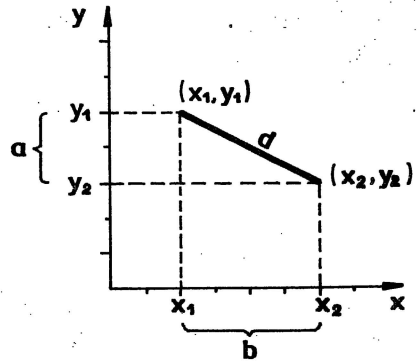


Fig. 1. Odległość d między dwoma punktami dla dwóch cech charakteryzujących (x, y)

Distance d between two points for two characterizing features (x, y)

WYKONANIE DENDRYTU I DENDROGRAMU

Porównanie wyników analiz minerałów ciężkich sprowadza się do obliczenia odległości między punktami reprezentującymi poszczególne próbki w n -wymiarowej przestrzeni, gdzie n jest liczbą wszystkich minerałów oznaczonych w danym zbiorze próbek. Na podstawie wzoru [7] oblicza się wartości ATD dla poszczególnych par próbek, w układzie: każda próbka ze wszystkimi pozostałymi próbkami, podstawiając w miejsce x_{ij} i y_{ik} zawartości odpowiednich minerałów w porównywanych próbkach. Otrzymane wartości zestawia się w tabeli obrazującej zależności między wszystkimi próbkami.

Otrzymany obraz stanowi podstawę do interpretacji wyników analiz minerałów ciężkich, tzn. podziału na grupy i ustalenia zależności między nimi. Dokonuje się jej na podstawie graficznego obrazu wskazanych zależności, przedstawionego w postaci dendrogramu lub tzw. dendrytu wrocławskiego (J. Perkal, 1953; R. R. Sokol, P. H. A. Sneath, 1963; E. S. Smirnow, 1968). Sposób jego wykonania zostanie przedstawiony w dalszej części rozważań.

Jako przykład ilustrujący proponowaną metodykę wybrano wyniki analiz minerałów ciężkich z otworu Sarni Las (fig. 2), odwierconego przez Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu w ramach prac zleconych przez Instytut Geologiczny przy wykonywaniu Mapy Geologicznej Polski arkusz Świebodzin (J. A. Czerwonka, 1974). Otwór ten wybrano z uwagi na dużą liczbę i różnorodność wydzieleń stratygraficznych, dokonanych na podstawie różnego rodzaju analiz mineralogicznych, petrograficznych, co potwierdzono budową geologiczną badanego rejonu. W profilu otworu wśród utworów czwartorzędowych wyodrębniono 5 wydzieleń stratygraficznych (fig. 2).

Oznaczenia minerałów ciężkich wykonano na 15 próbkach. Wydzielenia frakcji ciężkiej o średnicy 0,25—0,1 mm dokonano w bromoformie. W każdej próbce oznaczono 16 minerałów lub grup minerałów, zaś pozostałe minerały zebrano w grupach „inne” bądź „nieoznaczone”. Łącznie rozpatrywany przypadek odnosi się więc do 18-wymiarowej przestrzeni.

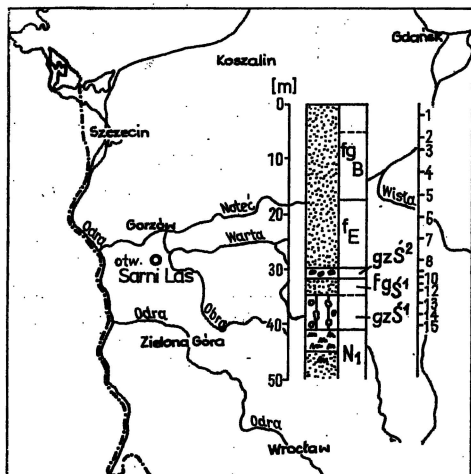


Fig. 2. Położenie i schematyczny profil otworu wiertniczego Sarni Las

Location and schematic profile of the borehole Sarni Las

^fgB — piaski fluwioglacjalne zlodowacenia bałtyckiego, w stropie przewiane aż do utworzenia form wydmywowych (0—5,0 m); ^fE — piaski rzeczne interglacjału eemskiego; zlodowacenie środkowopolskie: gzs² — zwietrzałe gliny zwałowe stadiału Warty, fgs¹ — piaski fluwioglacjalne stadiału maksymalnego, gzs¹ — gliny zwałowe stadiału maksymalnego; N₁ — ilasto-piaszczyste utwory miocenu; 1 — 15 — numery próbek

^fgB — fluvioglacial sands of the Baltic Glaciation, blown up to the formation of dune forms in the top (0—5.0 m); ^fE — fluvial sands of the Eemian Interglacial; Middle Polish Glaciation: gzs² — weathered tills of the Warta Stage, fgs¹ — fluvioglacial sands of the Maximum Stadial, gzs¹ — tills of the Maximum Stadial; N₁ — clay-sandy Miocene deposits; 1 — 15 — numbers of samples

Każdą analizę wykonano na ok. 300 ziarnach (295—306 szt.). Wyniki oznaczeń przedstawiono w tab. 1.

Pierwszą czynnością przy wykonywaniu analizy taksonomicznej są, jak już wspomniano, obliczenia wartości ATD dla wszystkich możliwych kombinacji próbek. Jako przykład podano obliczenie wartości ATD dla próbek 1 i 2:

$$\begin{aligned}
 \text{ATD} = d_{1,2} &= \sqrt{\frac{1}{18} [(5,3 - 13,2)^2 + (3,6 - 2,1)^2 + (0 - 0)^2 + (2,5 - 1,4)^2 + \\
 &+ (1,3 - 0)^2 + (14,2 - 10,0)^2 + (12,0 - 12,5)^2 + (1,1 - 2,8)^2 + (20,0 - 20,6)^2 + \\
 &+ (2,3 - 1,4)^2 + (0,7 - 0)^2 + (27,8 - 25,3)^2 + (5,7 - 2,1)^2 + (1,7 - 3,2)^2 + \\
 &+ (1,1 - 1,4)^2 + (0 - 1,1)^2 + (0 - 1,1)^2]} = \sqrt{\frac{1}{8} (62,41 + 2,25 + 0 + 1,21 + 1,69 + \\
 &+ 17,64 + 0,25 + 2,89 + 1,21 + 0,36 + 0,81 + 0,49 + 6,25 + 12,96 + 2,25 + 0,09 + \\
 &+ 1,21 + 1,21)} = \sqrt{\frac{1}{18} 115,81} = \sqrt{6,40} \approx 2,53
 \end{aligned}$$

Tabela 1

Wyniki analiz minerałów ciężkich o średnicy 0,25—0,1 mm z utworów czwartorzędowych w otworze Sarni Las

Nr próbki	Głębokość w m	Zawartość minerałów ciężkich w % $\Sigma = 100\%$																	
		cyrkon	rutyl	andaluzyt	dysten	staurolit	turnalin	epidot	zoizyt	apatyt	granat	syłimanit	tytanit	amfibol	piroksen	biotyt	chloryt	inne	niewyznaczone
1	2,5	5,3	3,6	—	2,5	1,3	14,2	12,0	1,1	0,7	20,0	2,3	0,7	27,8	5,7	1,7	1,1	—	—
2	6,5	13,2	2,1	—	1,4	—	10,0	12,5	2,8	1,8	20,6	1,4	—	25,3	2,1	3,2	1,4	—	—
3	8,5	9,7	—	—	—	1,0	10,4	11,9	3,4	2,0	23,5	—	0,3	23,1	1,0	2,7	0,7	—	1,1
4	12,5	3,4	1,0	—	2,3	0,7	12,3	13,4	4,0	—	26,8	2,0	1,0	28,5	2,0	2,0	0,3	0,3	—
5	16,5	5,7	0,8	—	1,6	2,4	12,7	13,5	2,9	—	29,4	—	—	27,8	—	2,0	—	—	1,2
6	20,5	—	2,1	—	1,4	2,8	11,7	21,5	1,4	—	29,2	3,5	1,4	20,1	1,4	1,4	0,7	0,7	0,7
7	24,5	5,5	—	—	—	1,2	12,0	20,5	1,6	—	29,1	2,9	—	21,4	1,5	1,9	1,2	—	1,2
8	28,5	3,7	—	—	0,7	3,4	10,7	20,0	2,3	1,0	30,1	—	2,0	20,1	2,0	1,0	0,7	—	0,3
9	30,5	6,4	1,0	0,5	3,5	3,0	7,4	8,9	4,0	—	36,6	—	2,5	15,8	2,0	6,4	1,0	—	1,0
10	31,5	6,5	0,6	0,9	2,1	2,7	6,8	8,8	2,7	0,9	38,0	0,9	0,9	14,5	4,1	6,6	0,9	0,9	1,2
11	32,5	6,6	0,3	—	2,2	3,4	9,7	12,0	3,4	0,6	26,6	2,5	1,6	23,5	3,9	2,8	0,6	—	—
12	34,5	9,9	—	—	2,7	2,0	10,3	11,9	3,1	—	27,0	—	2,7	26,3	—	1,7	1,0	0,7	0,7
13	36,5	3,9	0,5	1,0	2,0	2,4	11,8	15,1	1,0	1,5	34,5	0,5	—	12,2	4,8	2,9	4,8	—	1,0
14	38,5	3,3	1,7	0,5	1,7	1,6	9,9	23,0	3,3	0,5	25,8	—	0,5	17,8	2,2	1,1	5,5	—	1,6
15	40,5	6,2	—	0,7	2,2	3,8	8,0	19,1	2,9	1,1	30,9	—	1,5	20,0	0,7	—	1,8	—	0,7

Obliczone wartości ATD zestawiono w tab. 2 (poz. 1—15). Kolejnym etapem prac było wykonanie graficznego obrazu. Jest nim, jak już wspomniano, dendryt bądź też dendrogram. Wykonanie dendrytu polega na odnalezieniu w tabeli wartości ATD najmniejszych wartości dla poszczególnych próbek, czyli kombinacji o cechach najbardziej zbliżonych do siebie. Dla próbki nr 1 będzie to wartość 2,11 $ATD_{1,4}$, dla próbki nr 2 wartość 1,48 $ATD_{2,3}$,, dla próbki nr 15 wartość 1,43 $ATD_{15,8}$. Otrzymane w ten sposób grupy próbek łączy się ze sobą na podstawie kolejnych najmniejszych wartości ATD, aż do połączenia wszystkich próbek w jedną całość. Otrzymany tą drogą dendryt przedstawia fig. 3.

Wykonanie dendrogramu jest nieco bardziej skomplikowane, lecz otrzymany w ten sposób obraz jest bardziej czytelny i łatwiejszy do interpretacji. Należy wyszukać w tabeli najmniejszą wartość ATD. W analizowanym przypadku jest to wartość dla próbek nr 9 i nr 10, która wynosi $ATD_{9,10} = 1,01$. Dla próbek tych wykreśla się wszystkie wartości ATD i zastępuje się je wartością wspólną wpisaną w tab. 2 w poz. 16. Wartości te oblicza się na podstawie średniej arytmetycznej współczynnika ATD dla próbek nr 9 i 10 w porównaniu z kolejnymi wszystkimi wartościami. Na przykład wartości współczynnika ATD przy porównaniu próbek nr 9 i nr 10 z próbką nr 1 wynoszą: $d_{1,9} = 5,45$ i $d_{1,10} = 6,11$, co daje wartość średnią $d_{1,9+10} = 5,78$. Po obliczeniu wszystkich możliwych kombinacji odszukuje się kolejną najmniejszą wartość ATD, w naszym przypadku jest to $ATD_{1,5}$, i postępuje się z nią analogicznie. Czynności te powtarza się do całkowitego wyczerpania wszystkich możliwych połączeń (tab. 2; poz. 16—28). Na tej podstawie wykreśla się dendrogram (fig. 4) ilustrujący kolejne połączenia poszczególnych próbek.

INTERPRETACJA ANALIZY TAKSONOMICZNEJ

Stwierdzono, że pięć grup próbek odpowiada wydzielonym poziomom. Analiza taksonomiczna wyników oznaczeń minerałów ciężkich może być pomocna przy ustalaniu podziału litologiczno-stratygraficznego różnego rodzaju osadów w przypadku niemożliwości zastosowania oznaczeń biostratygraficznych. Dotyczy to szczególnie utworów czwartorzędowych, wśród których zasadniczo tylko osady interglacjalne, rzadko spotykane, rokuja nadzieję na znalezienie fauny bądź flory.

Na podstawie analizy taksonomicznej można stwierdzić silne genetyczne zróżnicowanie badanych osadów. Utwory fluwioglacjalne zlodowaceń bałtyckiego i środkowopolskiego są do siebie bardziej podobne niż do utworów trzech pozostałych grup (tab. 3). Mimo tak znacznego zróżnicowania stratygraficznego tworzą one wspólną nadgrupę. Wyodrębniają się w niej wyraźnie próbki nr 1, 2, 3 reprezentujące stropową część poziomu ⁴⁵B. Jest to związane z eolicacją tej części poziomu, przy czym proces ten w świetle wyników analiz minerałów ciężkich sięgnął o wiele głębiej, do głębokości ok. 10 m, niż na to wskazały badania ziarn kwarcu o średnicy 1—0,5 mm. Przypadek ten ilustruje również tezę o genetycznym zróżnicowaniu zespołów minerałów ciężkich.

Tabela 2

Wartości ATD dla poszczególnych par próbek

×	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28			
1	×	2,53	2,62	2,11	2,85	3,94	3,71	3,97	5,45	6,11	2,46	2,60	5,43	4,27	3,57	5,78	2,48	3,84	2,48	3,89	2,53	2,51	3,73	4,00							
2	2,53	×	1,48	3,01	3,21	4,85	3,11	4,05	5,01	5,29	2,48	2,16	5,26	4,20	3,73	5,16	3,11	3,59													
3	2,62	1,48	×	2,39	2,32	3,78	2,85	3,07	4,05	4,49	1,65	1,56	4,28	3,62	2,91	4,27	3,36	2,96													
4	2,11	3,01	2,39	×	1,23	3,08	2,66	2,87	4,38	4,83	1,70	1,98	4,69	3,73	3,11	4,61															
5	2,85	3,21	2,32	1,23	×	3,15	2,45	2,64	3,97	4,42	2,03	1,60	4,29	3,77	2,72	4,20															
6	3,94	4,85	3,78	3,08	3,15	×	1,59	1,46	4,35	4,62	2,92	3,81	3,31	2,07	2,81	4,49	3,12	1,52	4,33												
7	3,71	3,11	2,85	2,66	2,45	1,59	×	1,27	4,00	4,37	2,57	2,92	3,23	2,13	1,74	4,19	2,57														
8	3,97	4,05	3,07	2,87	2,64	1,46	1,27	×	3,70	3,75	2,56	3,04	2,85	2,02	1,43	3,73	2,76														
9	5,45	5,01	4,05	4,38	3,97	4,35	4,00	3,70	×	1,01	3,35	3,83	2,75	4,70	3,35																
10	6,11	5,29	4,49	4,83	4,42	4,62	4,37	3,75	1,01	×	3,74	4,47	2,60	4,95	3,77																
11	2,46	2,48	1,65	1,70	2,03	2,92	2,57	2,56	3,35	3,74	×	1,62	3,83	3,42	2,51	3,55	1,87	2,57	2,09	2,74											
12	2,60	2,16	1,56	1,98	1,60	3,81	2,92	3,04	3,83	4,47	1,62	×	4,48	3,92	2,91	4,15	1,79	3,98	1,76	3,90											
13	5,33	5,26	4,28	4,69	4,29	3,31	3,23	2,85	2,75	2,60	3,83	4,48	×	3,16	2,92	2,68	4,49	3,04	4,77	3,18	4,16	4,35	3,05	3,11	4,22						
14	4,27	4,20	3,62	3,73	3,77	2,07	2,13	2,02	3,70	4,95	3,42	3,92	3,16	×	2,10	4,38	3,75	2,29	3,89	2,18	3,67	3,71	2,14								
15	3,57	3,73	2,91	3,11	2,72	2,21	1,74	1,43	3,35	3,77	2,51	2,91	2,92	2,10	×	3,56	2,92	1,59	3,82	1,90	2,71	2,82									
16	5,78	5,16	4,27	4,61	4,20	4,49	4,19	3,73			3,55	4,15	2,68	4,38	3,56	×	4,41	3,96	4,72	4,24	2,85	3,63	3,90	4,14	4,96						
17	2,48	3,11	3,36			3,12	2,57	2,76			1,87	1,79	4,49	3,75	2,92	4,41	×	2,66	3,24	2,99	1,83										
18	3,84	3,59	2,96			1,52					2,57	3,98	3,04	2,29	1,59	3,96	2,66	×	3,28												
19	2,48					4,33					2,09	1,76	4,77	3,89	3,82	4,72	3,24	3,28	×	3,81	1,93	2,59	2,78	3,34							
20	3,89										2,74	3,90	3,18	2,18	1,90	4,24	2,99		3,81	×	3,32	3,16									
21	2,53												4,16	3,67	2,71	2,85	1,83		1,93	×											
22	2,51												4,35	3,71	2,82	3,63			2,59	3,16		×	2,99	3,35	2,93	3,99					
23	3,73												3,05	2,14		3,90			2,78		2,99	×									
24	4,00												3,11			4,14			3,34		3,35		×	3,67	3,36	3,51					
25													4,22			4,96					2,93		3,67	×	4,59						
26																					3,99		3,65	4,59	×	4,29	3,97				
27																							3,51		4,29	×					
28																															×

Objaśnienia pozycji: 1–15 – próbki od nr 1 do nr 15; 16 – próbki 9/10 ATD = 1,01; 17 – próbki 4/5 ATD = 1,23; 18 – próbki 7/8 ATD = 1,27; 19 – próbki 2/3 ATD = 1,48; 20 – próbki 6/7+8 ATD = 1,52; 21 – próbki 11/12 ATD = 1,62; 22 – próbki 4+5/11+12 ATD = 1,83; 23 – próbki 15/6+7+8 ATD = 1,90; 24 – próbki 14/15+6+7+8 ATD = 2,14; 25 – próbki 1/2+3 ATD = 2,48; 26 – próbki 13/9+10 ATD = 2,68; 27 – próbki 4+5+11+ 12/1+2+3 ATD = 2,93; 28 – 14+15+6+7+8/4+5+11+12+1+2+3 ATD = 3,51

Zespół minerałów ciężkich z osadów rzecznych interglacjału eemskiego (próbki nr 6, 7, 8) jest zdecydowanie różny od zespołu minerałów z utworów fluwioglacjalnych, natomiast największe podobieństwo wykazuje do asocjacji z poziomu glin zwałowych stadiału maksymalnego zło-

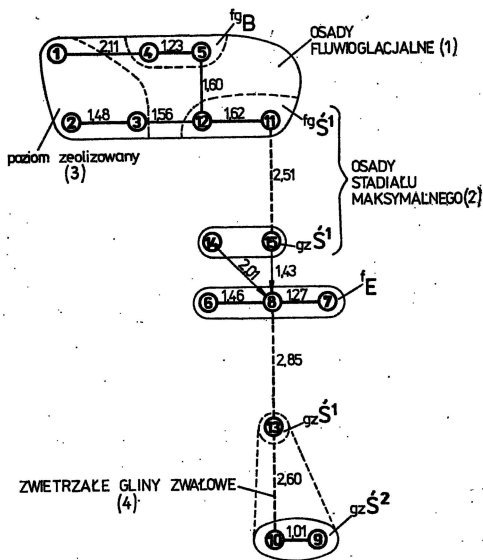


Fig. 3. Dendryt zespołów minerałów ciężkich z otworu Sarni Las
Dendrite of heavy mineral assemblage from the borehole Sarni Las
Objaśnienia jak na fig. 2

1 — fluwioglacjalne deposits; 2 — deposits of the Maximum Stadal; 3 — eolised horizon; 4 — weathered tills; other explanations as in Fig. 2

dowacenia środkowopolskiego. Sugeruje to, że materiał pobierany był przez rzekę interglacjalną właśnie z rozmywanych moren tego wieku. Jest to bardzo ważny wniosek przy opracowywaniu geologii regionalnej badanego obszaru.

Najbardziej wyróżniają się wyniki analiz glin zwałowych stadiału Warty, które są jednocześnie najbardziej do siebie zbliżone. Należy to wiązać z daleko posuniętym stopniem zwietrzenia tego poziomu, przy czym analizy uziarnienia, zawartości węglanów oraz pH sugerują, iż procesy wietrzeniowe objęły jedynie stropową część osadu. Analizy te nie wykazały zróżnicowania procesów wietrzeniowych w stropie gliny stadiału maksymalnego zlodowacenia środkowopolskiego, podczas gdy próbka nr 13 pobrana właśnie z tej głębokości jest najbardziej zbliżona do próbek gliny stadiału Warty tworząc wspólną nadgrupę wyraźnie odróżniającą się od pozostałych grup. Możliwość stwierdzenia tego rodzaju cech, jak zwietrzenie osadu, ma duże znaczenie w interpretacji stratygrafii utworów morenowych, zwłaszcza w przypadku ich zalegania bezpośrednio na sobie.

Dla pełniejszego zilustrowania zmian zachodzących w zespołach minerałów z poszczególnych próbek obliczono współczynniki korelacji (r) dla poszczególnych par minerałów, ograniczając się jednak jedynie do pięciu najliczniej reprezentowanych, tj. cyrkonu, turmalinu, epidotu, granatu i amfibolu. Wartości współczynników wraz z podaniem średnich zawartości minerałów (\bar{z}), odchylenia standardowego (σ) oraz współczynnika zmienności (V) podaje tab. 4.

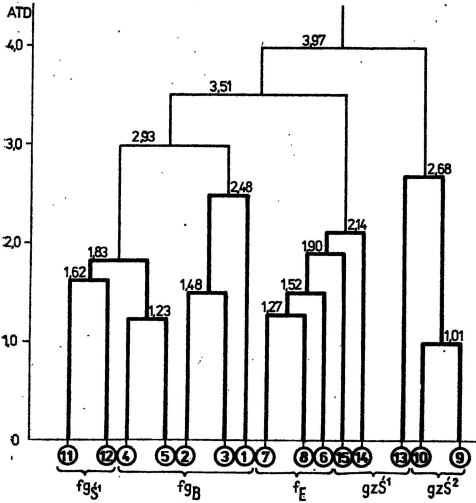


Fig. 4. Dendrogram zespołów minerałów ciężkich z otworu Sarni Las
Dendrogram of heavy mineral assemblages from the borehole Sarni Las

Objaśnienia jak na fig. 2
Explanations as in Fig. 2

Najsilniej zróżnicowana jest zawartość cyrkonu i epidotu, dla których współczynniki zmienności (V) osiągają odpowiednio 67,3% i 31,1%. Jednocześnie zmiany ich procentowej zawartości przebiegają niezależnie od pozostałych minerałów, o czym świadczą niskie wartości współczynnika r .

Trzy pozostałe minerały: turmalin, granat i amfibol są ze sobą bardziej powiązane. I tak spadkowi zawartości turmalinu towarzyszy wzrost udziału granatu ($r = -0,55$), co daje się obserwować przede wszystkim w osadach zlodowacenia środkowopolskiego oraz w mniejszym stopniu w osadach fluwioglacjalnych zlodowacenia bałtyckiego. Zmienność ta jest więc charakterystyczna dla osadów glacialnych. Wzrostowi zawartości turmalinu towarzyszy wzrost udziału amfibolu ($V = +0,51$). Wyjątek stanowi tu poziom gliny stadiału maksymalnego zlodowacenia środkowo-

Tabela 3

Średnie wartości ATD dla poszczególnych poziomów litologiczno-stratygraficznych

Poziom	f_{gs}^2	f_E	gzs^2	f_{gs}^1	gzs^2
Numery próbek	1-5	6-8	9-10	11-12	13-15
f_{gs}^2					
1-5	2,38	3,35	4,80	2,02	3,97
f_E					
6-8	3,35	1,44	4,13	2,97	2,33
gzs^2					
9-10	4,80	4,13	1,01	3,77	3,69
f_{gs}^1					
11-12	2,02	2,97	3,77	1,62	3,51
gzs^2					
13-15	3,97	2,33	3,69	3,51	2,72

Tabela 4

Wartości współczynnika korelacji r oraz innych parametrów statystycznych

Minerał	Cyrkon	Turmalin	Epidot	Granat	Amfibol
Cyrkon	$\bar{z} = 5,85$ $\sigma \pm 4,00$ $V = 67,3\%$	-0,23	-0,26	-0,27	+0,22
Turmalin	-0,23	$\bar{z} = 10,5$ $\sigma \pm 2,04$ $V = 19,4\%$	+0,18	-0,55	+0,51
Epidot	-0,26	+0,18	$\bar{z} = 14,9$ $\sigma \pm 4,65$ $V = 31,1\%$	-0,09	-0,15
Granat	-0,27	-0,55	-0,09	$\bar{z} = 28,6$ $\sigma \pm 5,20$ $V = 18,2\%$	-0,76
Amfibol	+0,22	+0,51	-0,15	-0,76	$\bar{z} = 21,2$ $\sigma \pm 5,09$ $V = 24,0\%$

polskiego, w której niewielkiemu spadkowi turmalinu towarzyszy po-
każny przyrost amfibolu.

Najsilniej skorelowane są zmiany zawartości granatu i amfibolu. Spad-
kowi zawartości jednego minerału towarzyszy wzrost udziału drugiego
($r = -0,76$), przy czym najsłabiej jest to widoczne w osadach fluwiogla-
cjalnych zlodowacenia bałtyckiego, zwłaszcza w ich zeolizowanym frag-
mencie.

WNIOSKI

Przedstawiony problem należy traktować przede wszystkim jako
przyczynę metodyczny przy analizie minerałów ciężkich. Należy pod-
kreślić, iż analiza taksonomiczna może mieć zastosowanie przy interpre-
tacji zmian różnego rodzaju cech i parametrów charakteryzujących po-
szczególne próbki, nawet jeżeli nie są one ze sobą w związku rzeczowym.
Pewną przeszkodą jest tu pracochłonność obliczeń, gdyż dla n próbek
należy obliczyć $n(n-1):2$ wartości współczynników ATD. Problem ten
można rozwiązać przez opracowanie odpowiedniego programu dla maszy-
ny cyfrowej, zawierającego również obliczenia konieczne dla sporządze-
nia dendrogramu. Operacja ta nie stanowi większej trudności. Pozwoli to
na porównywanie wyników z dużej liczby próbek z dużego obszaru. Pra-
ce o takim charakterze dotyczące osadów trzeciorzędowych i czwartorzé-
dowych przedpola Sudetów są obecnie wykonywane w Kombinacie Geo-
logicznym „Zachód”. Szczególnie duże nadzieje rokuje opracowanie po-
działu litologiczno-stratygraficznego osadów czwartorzé-
dowych na podstawie analiz minerałów ciężkich.

Kombinat Geologiczny „Zachód”
Wrocław, ul. Wierzbowa 15

Nadesłano dnia 3 stycznia 1977 r.

PISMIENICTWO

- CZERWONKA J. A. (1974) — Mapa Geologiczna Polski, ark. Świebodzin. Badania granulometryczno-petrograficzne utworów kenozoicznych. Arch. Komb. Geol. „Zachód”. Wrocław.
- MRACZEWSKI E., STEINHAUS H. (1959) — O odległości systematycznej biotopów. Zastosow. Matem., nr 4, p. 195—203. Wrocław.
- PERKAL J. (1953) — Taksonomia wrocławska. Prz. antropol., nr 19, p. 82—96. Wrocław.
- SOKOL R. R., Sneath P. H. A. (1963) — Principles of Numeral Taxonomy. San Francisco.
- СМИРНОВ Е. С. (1968) — Таксономический анализ. Москва.

Ежи Адам ЧЕРВОНКА

**ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДНИХ ТАКСОНОМИЧЕСКИХ РАССТОЯНИЙ (ATD) ДЛЯ
ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА ТЯЖЕЛЫХ МИНЕРАЛОВ
В ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ**

Резюме

В статье рассматривается проблема интерпретации результатов анализа тяжелых минералов, являющегося одним из чаще всего применяемых методов определения четвертичных отложений. Предлагается применение части теории классификации, называемой таксономией. Таксономия состоит в нахождении подобия между отдельными элементами множества черт в совокупности с их мерой. Мерой подобия является величина коэффициента ATD — среднее таксономическое расстояние (*Average Taxonomy Distance*).

Во вступлении автор приводит общие теоретические принципы предлагаемого метода, а затем способ выполнения расчета и его графического представления в виде дендрита и дендрограммы. Как пример выполнения таксономического анализа были взяты определения тяжелых минералов \varnothing 0,25—0,1 мм в скважине Сарни Ляс, расположенной на западе Польской низменности. Здесь залегают породы балтийского и средне-польского оледенения, разделенные отложениями ээмского межледниковья. Таксономический анализ полностью подтвердил литолого-стратиграфическое расчленение разреза, выполненное по другим данным. Кроме того установлена генетическая дифференцированность групп тяжелых минералов, образующих три различных надгруппы, охватывающие флювиогляциальные, речные и моренные породы. Установлены также связи между отдельными группами в отложениях различного типа.

В итоге проинтерпретирована изменчивость содержания наиболее многочисленных минералов по коэффициенту корреляции r .

Jerzy Adam CZERWONKA

**THE USE OF AVERAGE TAXONOMIC DISTANCES (ATD)
IN INTERPRETATION OF RESULTS OF ANALYSES
OF HEAVY MINERALS FROM QUATERNARY DEPOSITS**

Summary

The paper deals with some problems connected with interpretation of results of analysis of heavy minerals which is one of the identifications most commonly made in Quaternary studies. It is proposed to use a fragment of the theory of classification known as taxonomy for these purposes. Taxonomy is based on establishing similarities between particular elements of assemblage of features including their measure. Average Taxonomy Distance (ATD) is the measure of similarity. The paper begins with presentation of general theoretical premises of this method and subsequently the mode of calculations and graphic presentation of results in the form of dendrite and dendrogram are discussed. Identifications of heavy minerals of the 0.25—1.0 mm fraction from the borehole Sarni Las are given as an example of the taxonomical analysis. The borehole Sarni Las, situated in western part of the Polish Lowlands, penetrated deposits the Baltic and Middle Polish Glaciations separated by those of the Eemian Interglacial. The taxonomical analysis fully confirmed the lithostratigraphic subdivision based on other criteria. Moreover, heavy mineral assemblage was found to be genetically differentiated. The minerals form three separate supergroups comprising fluvioglacial, fluvial and till deposits. The relationships between particular assemblages in different types of deposits were also established.

The final part of the paper deals with interpretation of variability in content of most common minerals using correlation coefficient r .